



Eur pâisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office eur péen  
des brevets

**Bescheinigung**

**Certificate**

**Attestation**

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

**Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°**

02016627.8

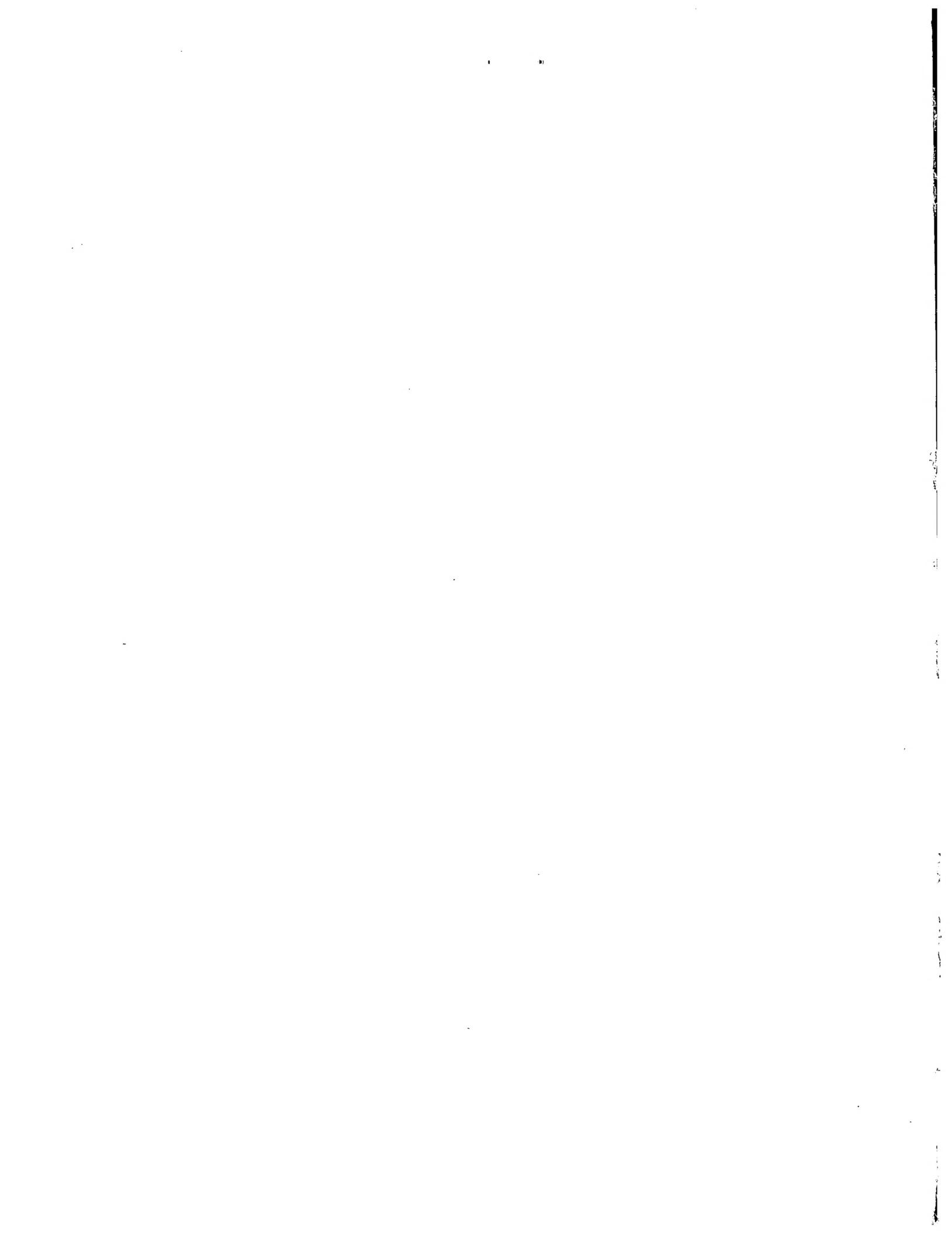
Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

R C van Dijk

USPS EXPRESS MAIL  
EV 338 198 385 US  
JULY 24 2003





Anmeldung Nr:  
Application no.: 02016627.8  
Demande no:

Anmeldetag:  
Date of filing: 25.07.02  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

AMEPA ANGEWANDTE MESSTECHNIK  
UND PROZESSAUTOMATISIERUNG GMBH  
Julicher Strasse 320  
D-52070 Aachen  
ALLEMAGNE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Verfahren und Vorrichtung zum Auswerten von Messsignalen

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)  
revendiquée(s)  
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of  
filling/Etats contractants désignés lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR



## Verfahren und Vorrichtung zum Auswerten von Messsignalen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Auswerten von Messsignalen eines elektromagnetischen Feldes, das in Wechselwirkung mit einem elektrisch leitenden Fluid steht, zum Detektieren von Bestandteilen in dem Fluid, die sich in der elektrischen

5 Leitfähigkeit von dem Fluid unterscheiden, wobei die Messsignale in mindestens zwei Kanäle aufgeteilt und ausgewertet werden, um unterschiedliche Verteilungen und Konzentrationen im Fluid zu erfassen.

Dabei kann das Fluid eine elektrisch leitfähige Schmelze sein, die durch einen Kanal aus einem metallurgischen Gefäß ausfließt. Die Bestandteile sind dann typischerweise Gase oder

10 Schlacken. Unter zusammenhängenden Bestandteilen sind Bereiche von Bestandteilen zu verstehen, die insbesondere in Flussrichtung der Schmelze ausgedehnt sind wie z. B. Fäden und deren Ausdehnung in Strömungsrichtung typischerweise sehr viel größer ist, als der Kanaldurchmesser. Unter diskreten Bestandteilen sind unzusammenhängende Bereiche von Bestandteilen oder Partikel zu verstehen, deren Ausdehnung in Bewegungsrichtung

15 typischerweise kleiner als der Kanaldurchmesser ist.

Die Erfindung betrifft gleichfalls ein Verfahren bei dem die Störung eines die strömende Schmelze zumindest teilweise durchdringenden elektromagnetischen Feldes an einer von der Schmelze durchströmten Messstelle, welches von mindestens einer von einem Wechselstrom durchflossenen Sendespule generiert wird, ausgewertet wird. Gattungsbildende Vorrichtungen

20 weisen neben der Sendespule ein Messelement zum Messen von Störungen des Feldes an der Messstelle und eine Auswerteeinrichtung auf, mittels derer nichtmetallische Bestandteile wie Gase oder Schlacke anhand einer Störung des Feldes detektierbar sind.

Beim Umfüllen und Ausgießen von Metallschmelzen aus einem metallurgischen Gefäß (zum Beispiel einem Konverter, einer Pfanne oder einem Verteiler) ist man bestrebt, die auf der

25 Metallocberfläche schwimmende Schlacke – nichtmetallische Phasenbestandteile – nicht in das nächste Gefäß zu übertragen. Die gattungsgemäßen Verfahren und Vorrichtungen dienen der Überwachung der ausfließenden Schmelze, damit beim Detektieren von Schlacke Maßnahmen ergriffen werden können, um den Übergang von Schlacke zu unterbinden. Diese Maßnahmen können in der Generierung eines Warnsignals oder in der automatischen

Beendigung des Umfüllprozesses bestehen oder auf eine Beeinflussung der Strömung zielen.

Maßnahmen zur Beeinflussung der Strömung sind beispielsweise die Verringerung des Ausflussquerschnitts oder das Einblasen von Gasen, typischerweise Argon oder Stickstoff, in den Ausflussbereich um die Ausbildung eines Strömungswirbels zu verhindern. Die

5 Messstelle ist typischerweise oberhalb eines den Ausfluss steuernden Regelorgans angeordnet.

In den gattungsgemäßen Verfahren und Vorrichtungen wird mittels einer von Wechselstrom durchflossenen Sendespule an einer Messstelle im Ausflusskanal ein magnetisches Wechselfeld aufgebaut. Dieses Feld erzeugt in der strömenden Schmelze eine Spannung, die 10 ihrerseits in der elektrisch leitenden Schmelze einen Strom (Wirbelstrom) erzeugt. Dieser Strom wiederum erzeugt ein magnetisches Wechselfeld, das mit einem Messelement gemessen werden kann.

Enthält die ausströmende Schmelze Bestandteile, die eine geringere elektrische Leitfähigkeit als das Metall aufweisen, so ändert sich die Stromverteilung in der Schmelze und damit die

15 Feldstärke des magnetischen Wechselfeldes. Durch Messung der Änderung der magnetischen Feldstärke an der Messstelle werden mitgeführte nichtmetallische Bestandteile erfasst. Erreicht die aufsummierte Änderung der Feldstärke eine Grenzamplitude, wird ein Warn- oder/und ein Steuersignal ausgelöst.

Ein gattungsgemäses Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung ist in der DE 31 42 681 20 A1 beschrieben. Hier ist vorgeschlagen, Änderungen des elektromagnetischen Feldes an der Messstelle mittels der in einer Empfangsspule induzierten Spannung zu messen, die ebenso wie die Sendespule konzentrisch um den Ausflusskanal eines metallurgischen Gefäßes angeordnet ist.

In der DE 34 39 369 A1 und der DE 37 22 795 A1 werden Verbesserungen dieses Verfahren 25 dargestellt. Einerseits wird vorgeschlagen, die Sendespule mit verschiedenen, einander überlagernden Frequenzen zu beaufschlagen. Aus der Reaktion in der Empfangsspule wird dann ein hoch differenziertes Bild der strömenden Schmelze erkennbar, so dass in dieser bereits ein sehr geringer Schlackenanteil detektiert werden kann. Andererseits wird vorgeschlagen, zur Verminderung der Signaldrift – also einer Verfälschung der an der 30 Messstelle gemessenen magnetischen Feldstärke – aufgrund von Temperaturänderungen der

ferromagnetischen Bodenplatte eines metallurgischen Gefäßes die Sende- und Empfangsspulen in einem nicht magnetischen Gehäuse anzuordnen.

Allgemein bekannt ist darüber hinaus, die Signaldrift durch Messen der Spulentermperatur und Korrektur der Messwerte mindestens teilweise zu kompensieren. Befinden sich allerdings

5 ferromagnetische Metallteile in der Nähe der Spulen, so ist der Zusammenhang zwischen Temperatur und Drift der Messsignale nichtlinear, so dass der Einfluss der Temperatur auf die Signale nicht vollständig eliminiert werden kann. Trotz der bereits erreichten Verbesserungen wird auch mit den bekannten gattungsgemäßen Verfahren und Vorrichtungen gegen Ende des Entleerungsvorganges regelmäßig eine Restmenge an Schlacke in das nächste Gefäß

10 übertragen. Steigende Anforderungen an den Reinheitsgrad des Endproduktes sind mit den bekannten Verfahren und Vorrichtungen daher häufig nicht zu erfüllen.

---

Die Ursache dieser geringen Restmenge ist einerseits in der technisch bedingten Nachweisgrenze der verwendeten gattungsgemäßen Vorrichtungen, andererseits in einem als „kontinuierliches Einmischen“ bekannten Vorgang zu suchen: Gegen Ende des

15 Entleerungsvorganges beim Ausfließen einer Flüssigkeit aus einem Gefäß kann eine so genannte Wirbelsenke entstehen. Die aufgrund ihrer geringeren Dichte auf der Oberfläche der metallischen Schmelze „schwimmende“ Schlacke wird durch einen solchen Wirbel als „Faden“ in den Ausflusskanal eingezogen, wobei dessen Querschnitt und damit der Masseanteil der Schlacke in der Schmelze von nahezu Null kontinuierlich ansteigt. Solange

20 der Masseanteil der Schlacke in der Schmelze unterhalb der Grenzamplitude der gattungsgemäßen Vorrichtung liegt, wird er von dieser nicht detektiert und die Schlacke fließt unbemerkt mit. Die Grenzamplitude der gattungsgemäßen Vorrichtungen kann jedoch nicht beliebig gesenkt werden, da in der Signaltechnik allgemein als „Rauschen“ bezeichnete Störsignale und insbesondere Temperaturdriften die Messsignale überlagern. Durch diese

25 nicht vermeidbaren Fehlerquellen ist für die gattungsgemäßen Verfahren und Vorrichtungen eine quasi „natürliche“ Nachweisgrenze definiert, die nicht unterschritten werden kann.

Nach der herrschenden Lehrmeinung ist der bekannte Vorgang des „kontinuierlichen Einmischens“ von Schlacke beim Entstehen einer Wirbelsenke dadurch gekennzeichnet, dass die Schlacke von Beginn des Einmischvorgangs an in Form eines „Schlackenfadens“

30 mitgeführt wird, dessen Querschnitt mehr oder weniger kontinuierlich ansteigt. Bei der

spektralen Analyse der Messwerte der gattungsgemäß bekannten Vorrichtungen wurden pulsförmige Störungen des Feldes an der Messstelle beobachtet. Die Impulsform dieser Störungen entspricht der von diskreten, das elektromagnetische Feld der Sendespule passierenden elektrisch nichtleitenden Konzentrationen in der Schmelze.

5 Durch gezielte Beobachtung dieser nach herrschender Lehrmeinung als „Rauschen“ zu vernachlässigenden Störungen wurde nachgewiesen, dass dem kontinuierlichen Einsaugen eines dünnen Fadens häufig das Einsaugen kleiner diskreter Mengen vorausgeht oder dass auch der Faden mehrfach unterbrochen wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum  
10 Auswerten von Messsignalen eines elektromagnetischen Feldes, das in Wechselwirkung mit einem elektrisch leitenden Fluid steht, zum Detektieren von Bestandteilen in dem Fluid, die sich in der elektrischen Leitfähigkeit von dem Fluid unterscheiden, insbesondere zum Detektieren von mitgeführter Schlacke in einer strömenden metallischen Schmelze vorzuschlagen, mit dem die Restmenge der gegen Ende des Umfüllens aus einem  
15 metallurgischen Gefäß mitgeführten Schlacke gegenüber den bekannten Verfahren und Vorrichtungen deutlich gesenkt wird.

Insbesondere soll ein Verfahren vorgeschlagen werden, mit dem gleichzeitig sowohl sehr schwache, als auch sehr starke Messsignale, die aus einem elektromagnetischen Feld stammen, das in Wechselwirkung mit einer strömenden metallischen Schmelze steht, in der sich nicht-metallische Bestandteile befinden, und deren Anteil an der Schmelze sehr klein aber auch sehr groß sein kann und die diskret aber auch als in Bewegungsrichtung ausgedehnte Bereiche auftreten können, erfasst und ausgewertet werden können.

Andererseits kann das Gefäß auch nahezu ohne einen Ausflusswirbel auslaufen. Dann steigt der Volumenanteil des leichteren Stoffes nahezu schlagartig an. Es stellt sich also die  
25 Aufgabe, Verfahren und Vorrichtungen vorzuschlagen, womit in einer ausfließendem Metallschmelze nichtmetallische Beimengungen, insbesondere Schlacke, mit größerer Empfindlichkeit erfasst werden können. Dabei sollen nicht nur geringere Mengen der Beimengungen erfasst werden, sondern insbesondere kleine diskrete Beimengungen sowie der Zeitpunkt des Auftretens detektiert werden.

Ausgehend von den gattungsbildenden Verfahren und Vorrichtungen wird die Aufgabe der Erfindung auf Basis dieser Erkenntnis dadurch gelöst, dass unterschiedliche Konzentrationen und Verteilungen der Bestandteile in der strömenden Schmelze sowie überlagernde Störsignale anhand der Zeitverläufe der gemessenen Störungen separiert und getrennt

5 weiterverarbeitet werden. Dabei werden im wesentlichen zwei Zeit- bzw. Frequenzbereiche unterschieden.

Um den Einfluss von Störungen des Feldes durch insbesondere Temperaturänderungen zu vermindern, werden mitfließende nichtmetallische Bestandteile, insbesondere in Bewegungsrichtung ausgedehnte fadenförmige Beimengungen, anhand von Störungen des

10 Feldes oberhalb einer unteren Hochpass Grenzfrequenz  $f_{G1}$  erfasst. Bei dem Einwirbeln und Anwachsen von fadenförmigen Beimengungen handelt es sich um einen langsamem Vorgang im Sekunden- bis Minutenbereich. Die dadurch hervorgerufenen Störungen des Feldes können durch ein Hochpassfilter von den Störungen des Feldes durch Temperaturänderungen, zumindest teilweise, separiert werden. Die beiden Zeitbereiche überlagern sich jedoch und 15 dadurch können sehr kleine Störungen des Feldes nicht eindeutig einem Zeitbereich zugeordnet werden.

Darüber hinaus werden in der Schmelze verteilte diskret mitfließende nichtmetallische Bestandteile, anhand von Störungen des Feldes oberhalb einer oberen Hochpass- Grenzfrequenz  $f_{G2}$  detektiert. Diskret mitfließende Bestandteile erzeugen pulsförmige

20 Störungen des Feldes deren Breite um mehrere Zehnerpotenzen geringer ist, als durch Temperaturänderungen hervorgerufene Störungen und deutlich geringer als durch in Strömungsrichtung ausgedehnte Beimengungen hervorgerufene Störungen. Die durch diskret mitfließende Bestandteile erzeugten Störungen des Feldes können durch ein zweites Hochpassfilter mit einer Grenzfrequenz  $f_{G3}$  von den anderen Störungen nahezu vollständig 25 getrennt und separat verstärkt werden. Dadurch können Konzentrationen von mitfließenden nichtmetallischen Bestandteilen erfasst werden, die um mehr als eine Zehnerpotenz unter denen bekannter Vorrichtungen liegen. Neben der Erfassung geringster Konzentrationen an Bestandteilen ist der Zeitpunkt und die Menge von mitfließenden diskreten Beimengungen ein Indiz für das bevorstehende Mitfließen größerer Mengen an nichtmetallischen 30 Bestandteilen. Die Kenntnis der Menge und des Zeitpunktes mitfließender Bestandteile

ermöglichen ein frühzeitiges Auslösen von strömungsbeeinflussenden Maßnahmen, so dass die mitfließende Menge an Bestandteilen gegenüber heutigen Verfahren drastisch reduziert wird.

5 Besonders vorteilhaft wird der Signalverlauf des zweiten Kanals von dem Signalverlauf des ersten Kanals subtrahiert. Das resultierende Differenzsignal kann dann verwendet werden, um in Strömungsrichtung ausgedehnte Bestandteile in der Schmelze zu erfassen.

Beim Überwachen von metallischen Schmelzen beim Ausfließen aus metallurgischen Gefäßen hat sich für die untere Hochpassgrenzfrequenz das Produkt aus Grenzfrequenz und Strömungsgeschwindigkeit an der Messstelle zwischen  $0,001 \text{ m/s}^2$  bis  $0,01 \text{ m/s}^2$

10 beziehungsweise für die obere Hochpassgrenzfrequenz von  $0,1 \text{ m/s}^2$  bis  $10 \text{ m/s}^2$  als günstig erwiesen.

Die Auswerteeinrichtung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung wird hierzu in einem ersten Kanal mit einem entsprechenden Hochpass-Filterelement der Grenzfrequenz  $f_{G1}$  ausgestattet. Mit diesem Kanal kann das Mitfließen von nichtmetallischen, insbesondere in

15 Strömungsrichtung ausgedehnten, fadenförmigen Beimengungen bei gleichzeitiger Verminderung der Störungen durch Temperaturänderungen erfasst werden. In einem zweiten Kanal wird die Auswerteeinrichtung mit einem Hochpass-Filterelement der Grenzfrequenz  $f_{G2}$  ausgestattet. So können diskret mitfließende Bestandteile getrennt erfasst und weiterverarbeitet werden. Die Vorrichtung erlaubt so z. B. auch den gleichzeitigen Nachweis 20 von in Strömungsrichtung ausgedehnten Bestandteilen an Schlacke und diskret mitfließenden Schlackebestandteilen und/oder Gasblasen. Mit dieser Erfindung werden insbesondere größere zusammenhängende Verteilungen der Bestandteile und kleinere diskret auftretende Bestandteile in dem Fluid getrennt erfasst und ausgewertet.

Als Messelement werden in den erfindungsgemäßen Verfahren und Vorrichtungen bevorzugt 25 Empfangsspulen eingesetzt, in denen ein von einer Sendespule generiertes magnetisches Wechselfeld wieder eine Wechselspannung induziert. Eine Störung des Feldes kann dann als Störung der in der Empfangsspule induzierten Wechselspannung gemessen werden. Grundsätzlich ist es möglich, die Sendespule zugleich als Empfangsspule zu nutzen, da auch in dieser die induktive Wirkung des elektromagnetischen Feldes messbar ist. Auf diese Weise

kann eine erfundungsgemäße Vorrichtung vorteilhaft wiederum besonders platzsparend gestaltet werden.

Die in der Empfangsspule induzierte Spannung setzt sich aus zwei Komponenten zusammen. Durch das elektromagnetische Feld der Sendespule wird in der Empfangsspule eine Spannung

5  $U_0$  induziert. Diese ist eine Funktion des Sendestromes, der Frequenz und der Gegeninduktivität zwischen Sende- und Empfangsspule. Durch das elektromagnetische Feld der Sendespule wird in der strömenden Schmelze eine Spannung induziert, die proportional zu dem Sendestrom, der Frequenz und der Gegeninduktivität zwischen Sendespule und Schmelze ist. Diese Spannung ruft ihrerseits Wirbelströme in der Schmelze hervor, die 10 wiederum ein elektromagnetisches Feld erzeugen, das in der Empfangsspule eine Spannung  $dU$  induziert, die proportional zu der Größe der Wirbelströme, der Frequenz und der Gegeninduktivität zwischen Schmelze und Empfangsspule ist. Die Messempfindlichkeit dieser Vorrichtung hat ihre Grenze dort, wo eine Spannungsänderung  $dU$  in der Spannung  $U_0$  noch eindeutig erkannt wird. Je größer das Verhältnis  $dU/U_0$  ist, um so größer ist die 15 Messempfindlichkeit der Vorrichtung.

Bei der Detektion von Schlacke kann es sinnvoll sein, den Entleerungsvorgang des metallurgischen Gefäßes schon bei den geringsten Mengen von mitfließender Schlacke zu beenden. Dann ist es ausreichend, wenn die Auswerteeinheit nur ein Filterelement aufweist, mit dem diskret mitfließende Bestandteile nachgewiesen werden.

20 Abhängig von den Qualitätsanforderungen der Nutzer der Vorrichtung dürfen mehr oder weniger nichtmetallische Bestandteile mit der Schmelze ausfließen. Vorzugsweise hat die Vorrichtung daher ein Element, das die erfassten Messwerte aufsummiert und damit eine Größe generiert, die der Menge der mitgeflossenen Bestandteile proportional ist und das beim Überschreiten eines festgelegten Grenzwertes ein Signal zur Ansteuerung einer 25 strömungsbeeinflussenden Einrichtung, z. B. eine Verschlusseinrichtung, liefert.

In der erfundungsgemäßen Vorrichtung ist die Sendespule und/oder die Empfangsspule vorzugsweise von der Schmelze durchströmbar, die Wicklungen der betreffenden Sendespule sind mindestens teilweise um die strömende Schmelze herum angeordnet.

In einer bevorzugten Ausführungsform werden die Sende- und/oder Empfangsspulen in einem metallischen, mindestens teilweise nicht ferromagnetischen, Gehäuse angeordnet. Dieses Gehäuse dient als Träger und Schutz der Spulen gegen mechanische und thermische Belastungen. Damit die elektromagnetischen Felder einen Abschnitt des Gehäuses

5 durchdringen können, muss dieser aus einem nicht ferromagnetischen Material bestehen.

Besonders bevorzugt werden jeweils einander zugeordnete Sende- und Empfangsspulen in einem gemeinsamen metallischen Gehäuse angeordnet. Die so gebildete bauliche Einheit aus Sende- und Empfangsspule erleichtert insbesondere den Austausch sowie die Nachrüstung.

10 Zu diesem Zweck können die für den jeweiligen Einsatz spezifisch angepassten Spulen in den speziell ausgestalteten metallischen Gehäusen untergebracht sein, die einen für den rauen Betrieb des Kunden einfachen Austausch ermöglichen. Darüber hinaus sind die Spulen gegen

mechanische und thermische Beanspruchungen geschützt.

15 Eine weitere Verbesserung der Messempfindlichkeit der Vorrichtung kann erreicht werden, wenn die Sende- und die Empfangsspule axial beabstandet und durch eine metallische Wand von einander getrennt sind und entweder beide Spulen in einem gemeinsamen Gehäuse oder jede Spule in einem separaten Gehäuse angeordnet ist bzw. sind, wobei das oder die Gehäuse aus metallischem Material besteht bzw. bestehen und das metallische Material zumindest abschnittsweise nicht ferromagnetisch ist. Liegen Sende- und Empfangsspule dicht

beieinander, ist die Gegeninduktivität zwischen ihnen groß und demzufolge auch die

20 Spannung  $U_0$ . Kann die Gegeninduktivität zwischen Sende- und Empfangsspule verringert werden, ohne dass die Gegeninduktivität zwischen Sendespule und Schmelze und die zwischen Schmelze und Empfangsspule in gleichem Masse verringert wird, kann die Messempfindlichkeit gesteigert werden. Dies wird mit der vorgeschlagenen Vorrichtung erreicht. Durch einen Abstand zwischen Sende- und Empfangsspule wird die

25 Gegeninduktivität zwischen beiden Spulen deutlicher verringert, als die Gegeninduktivitäten zwischen den Spulen und der strömenden Schmelze, so dass sich das Verhältnis  $dU/U_0$  vergrößert. Dieser Effekt wird weiter durch eine metallische Trennwand zwischen Sende- und Empfangsspule verstärkt. Dabei sollte der Abstand  $d$  kleiner sein, als die Differenz zwischen dem inneren Radius des Spulengehäuses und dem Innenradius des von der Schmelze

30 durchströmten Kanals.

Sende- und/oder Empfangsspulen einer erfindungsgemäßen Vorrichtung können vorteilhaft in einen Abschnitt eines meist aus Keramik bestehenden Ausflusskanals eines metallurgischen Gefäßes integriert werden. Die Messstelle – und damit der Ort, nach dessen Zustand über die Fortsetzung des Gießvorganges entschieden wird – ist dann besonders nahe am Ausfluss des 5 metallurgischen Gefäßes angeordnet.

Die erfindungsgemäßen Verfahren und Vorrichtungen eignen sich in besonderem Maße zur weiteren Auswertung der in den Messstellen ermittelten Signale, insbesondere zur Klassifizierung in Mustern oder zur statistischen Korrelation mit weiteren Informationen, die einen Einfluss auf das Mitfließen von Verunreinigungen haben können. Derartige 10 Informationen können beispielsweise der aktuelle Restinhalt des metallurgischen Gefäßes, der Verschleißzustand des Ausflusskanals oder das Alter der keramischen Auskleidung sein. So können beispielsweise aus vorhergegangenen Gießvorgängen Vergleichsgrößen und Schätzungen für zukünftige Entleerungen oder Hinweise zur Auslösung von Warn- oder Steuersignalen beim Erkennen typischer, dem Mitfluss von Verunreinigungen vorausgehender 15 Muster abgeleitet werden.

Zur Erläuterung der Erfindung sind nachfolgend in Zeichnungen Ausführungsbeispiele dargestellt. Hierbei sind gleichartige Elemente in verschiedenen Ausführungsformen mit gleicher Nummer und unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Es zeigen

Fig. 1 einen Längsschnitt durch den Ausflusskanal einer Gießpfanne mit einer 20 erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 2 eine erste Spulenanordnung für eine erfindungsgemäße Vorrichtung,

Fig. 3 einen vergrößerten Längsschnitt durch den Ausflusskanal nach Fig. 1

Fig. 4 einen Schaltplan der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 5 die Filtercharakteristik der erfindungsgemäßen Vorrichtung

25 Fig. 6 eine zweite Spulenanordnung für eine erfindungsgemäße Vorrichtung,

Figur 1 zeigt die Spulenanordnung 1 einer erfindungsgemäßen Vorrichtung am keramischen Ausflusskanal 2 im Bodenbereich 3 einer nicht weiter dargestellten Gießpfanne, durch die metallische Schmelze 4 ausfließt. Die Ausflussgeschwindigkeit am Messort liegt bei 2 m/s.

Die Gießpfanne weist im Bodenbereich eine stählerne Tragkonstruktion 5 und eine keramische Auskleidung 6 auf, die die stählerne Tragkonstruktion 5 vor Beschädigung durch die metallische Schmelze 4 schützt. Der keramische Ausflusskanal 2 durchdringt die Auskleidung 6 und die Tragkonstruktion 5 und ist unterhalb der Tragkonstruktion 5 durch

5 einen Plattenschieber 7 in nicht näher dargestellter Weise verschließbar. Die Spulenanordnung 1 ist zwischen Auskleidung 6 und Plattenschieber 7 um den Ausflusskanal 2 herum in die Tragkonstruktion 5 eingesetzt.

Die in Figur 2 separat dargestellte Spulenanordnung ist torusförmig mit einem rechteckigen, in Richtung der Torusachse 7 gestreckten Gehäuse 9 gestaltet. Das torusförmige Gehäuse 9

10 wird anwendungsspezifisch an die den Ausflussbereich des metallurgischen Gefäßes bestimmenden Bauteile, wie Dicke der Tragkonstruktion und/oder Durchmesser des keramischen Ausflusskanals angepasst. Der Innendurchmesser des Gehäuses liegt beispielsweise bei 300 mm, die Wandstärke des austenitischen Gehäuses bei 1 mm. Innerhalb des Gehäuses 9 ist an dessen Innenseite 13 über seine gesamte Höhe 11 eine Sendespule 12 und eine Empfangsspule 14 angeordnet. Die Windungszahl der Spulen ist 25. Die Sendespule ist mit einem hier nicht gezeigten Wechselstromgenerator, der die Sendespule mit einem Wechselstrom von z. B. 100 mA und einer Frequenz von 100 Hz speist, und die Empfangsspule mit dem Eingang des Demodulator 25 verbunden.

In Figur 3 ist die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Vorrichtung schematisch

20 dargestellt: die metallische Schmelze 4 fließt durch den keramischen Ausflusskanal 2 aus dem metallurgischen Gefäß. Gegen Ende des Ausflussvorganges wird zunehmend Schlacke 19 in den Ausflusskanal 2 mitgeführt. Die Schlacke 19 kann wie dargestellt dabei zuerst in diskreten Mengen 20 und erst später in einem kontinuierlichen Faden 21 eingezogen werden, dessen Massenanteil an der Schmelze 4 kontinuierlich ansteigt.

25 Die Sendespule 12 erzeugt in der ausströmenden metallischen Schmelze 4 entsprechend der anliegenden, nicht näher dargestellten Wechselspannung ein gleichfalls nicht näher dargestelltes magnetisches Wechselfeld, dessen Feldlinien in der Schmelze 4 in Höhe der Sendespule in Strömungsrichtung 22 verlaufen. Das magnetische Wechselfeld erzeugt in der metallischen Schmelze sogenannte Wirbelströme, die ihrerseits in der Empfangsspule 14 eine

nicht näher dargestellte Spannung erzeugen, die an dieser zur Detektion von Schlacke abgegriffen wird.

Fig. 4 veranschaulicht die Signalverarbeitung. Die Spannung aus der Empfangsspule 14 wird auf den Eingang 25 geführt, in einem Messwandler 26 demoduliert und über einen Verstärker 27 geführt. Das verstärkte Signal wird in einem ersten Signalpfad 32a über ein erstes Filter 33a geführt und in einem Verstärker 34a verstärkt, in einem Summationselement 35a aufsummiert und in einem Amplitudenfilter 36a mit einer hier nicht dargestellten Grenzamplitude verglichen. Sowohl das Signal als auch ein zweites Signal bei Überschreiten der Grenzamplitude werden dem Auswerteelement 30 zugeführt. Das verstärkte Signal wird in einem zweiten Signalpfad 32b über ein zweites Filter 33b geführt und gleichfalls in einem Verstärker 34b verstärkt und in einem Summationselement 35b aufsummiert und in einem Amplitudenfilter 36b mit einer hier nicht dargestellten Grenzamplitude verglichen. Sowohl das Signal, als auch ein zweites Signal bei Überschreiten der Grenzamplitude werden dem Auswerteelement 30 zugeführt, das wiederum an den Ausgängen 31 Warn- und Steuersignale erzeugt.

Die Übertragungscharakteristik 37 der Filter 33a und 33b ist in Figur 5 in einem gemeinsamen Diagramm als Funktion der Frequenz 38 dargestellt. Der erste Filter 33a weist eine Grenzfrequenz 39 bei 0,001 Hz auf. Der zweite Filter 33b weist eine Grenzfrequenz 40 bei 5 Hz auf. Die Grenzfrequenzen 39 und 40 bezeichnen diejenigen Frequenzwerte, unterhalb derer das jeweilige Eingangssignal um mehr als 3 dB gedämpft wird. Das Signal am Ausgang des ersten Filters 33a wird dann im Wesentlichen von größeren zusammenhängenden (fadenförmigen), das Signal am Ausgang des zweiten Filters 33b von diskret mitgeführten Schlackenbestandteilen erzeugt.

Fig. 6 zeigt eine alternative Ausgestaltung der Spulenanzordnung nach Fig. 2. In dem Gehäuse 9 sind die Sendespule 12 und die Empfangsspule 14 mit einem Abstand 16 untergebracht und durch eine metallische Wand 15 getrennt. Das elektromagnetische Feld der Sendespule am Ort der Empfangsspule ist durch den Abstand der Spulen schwächer als bei unmittelbar aneinander liegenden Spulen und wird durch die Dämpfungswirkung der metallischen Wand weiter verringert. Die Sendespule ist mit einem hier nicht gezeigten Wechselstromgenerator 30 und die Empfangsspule mit dem Eingang des Demodulator 25 verbunden.

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Auswerten von Messsignalen eines elektromagnetischen Feldes, das in Wechselwirkung mit einem elektrisch leitenden Fluid steht, zum Detektieren von Bestandteilen in dem Fluid, die sich in der elektrischen Leitfähigkeit von dem Fluid unterscheiden, wobei die Messsignale in mindestens zwei Kanäle aufgeteilt und ausgewertet werden, um unterschiedliche Verteilungen und Konzentrationen der Bestandteile im Fluid zu erfassen.
2. Verfahren zum Erfassen von nichtmetallischen Bestandteilen in einer strömenden metallischen Schmelze durch Messung der Störung eines die strömende Schmelze zumindest teilweise durchdringenden elektromagnetischen Feldes an einer von der Schmelze durchströmten Messstelle, welches von mindestens einer von einem Wechselstrom durchflossenen Sendespule generiert wird, dadurch gekennzeichnet, dass nichtmetallische, insbesondere zusammenhängend mitfließende, in Strömungsrichtung ausgedehnte Bestandteile in der Schmelze anhand von Störungen des elektromagnetischen Feldes in einem Kanal oberhalb einer unteren Grenzfrequenz  $f_{Gu}$  erfasst werden und dass gleichzeitig in der Schmelze verteilte diskrete Bestandteile in der Schmelze oberhalb einer oberen Grenzfrequenz  $f_{Go}$  in einem zweiten Kanal erfasst werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die strömende metallische Schmelze eine aus einem metallurgischen Gefäß ausfließende Stahlschmelze und die nichtmetallischen Bestandteile Schlacken und/oder Gase sind.
4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Signalverlauf des zweiten Kanals von dem Signalverlauf des ersten Kanals subtrahiert wird, um anhand des erhaltenen Differenzsignalverlaufs zusammenhängend mitfließende, in Strömungsrichtung ausgedehnte Bestandteile in der Schmelze zu erfassen.
5. Verfahren zum Erfassen von Schlackenbestandteilen in einer strömenden Stahlschmelze durch Messung der Störung eines die Stahlschmelze zumindest teilweise durchdringenden elektromagnetischen Feldes an einer von der Stahlschmelze durchströmten Messstelle, welches von mindestens einer von einem Wechselstrom

durchflossenen Sendespule generiert wird, dadurch gekennzeichnet, dass in der Stahlschmelze verteilte diskrete Schlackenbestandteile anhand von Störungen des elektromagnetischen Feldes oberhalb einer Grenzfrequenz  $f_{G_0}$  erfasst werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Produkt aus Grenzfrequenz  $f_{G_0}$  und Strömungsgeschwindigkeit  $v$  an der Messstelle zwischen  $0,1 \text{ m/s}^2$  bis  $10 \text{ m/s}^2$  liegt.
7. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Produkt aus Grenzfrequenz  $f_{G_0}$  und Strömungsgeschwindigkeit  $v$  an der Messstelle zwischen  $0,001 \text{ m/s}^2$  bis  $0,01 \text{ m/s}^2$  liegt.
8. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Störung des von einer Sendespule erzeugten elektromagnetischen Feldes anhand einer Störung der in einer Empfangsspule induzierten Spannung detektiert wird.
9. Vorrichtung zum Erfassen von nichtmetallischen Bestandteilen in einer strömenden metallischen Schmelze mit mindestens einer von Wechselstrom durchflossenen Sendespule zum Generieren eines die strömende Schmelze zumindest teilweise durchdringenden elektromagnetischen Feldes, einem Messklement zum Messen von Störungen des Feldes an einer von der Schmelze durchströmten Messstelle und mit einer Auswerteeinrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung ein erstes Filterelement aufweist, das die Störungen des elektromagnetischen Feldes oberhalb einer unteren Grenzfrequenz  $f_{G_u}$  in einen ersten Kanal leitet, mit dem in der Schmelze mitfließende, insbesondere in Strömungsrichtung ausgedehnte, nichtmetallische Bestandteile erfassbar sind und dass die Auswerteeinrichtung ein zweites Filterelement aufweist, das die Störungen des elektromagnetischen Feldes oberhalb einer oberen Grenzfrequenz  $f_{G_o}$  in einen zweiten Kanal leitet, mit dem in der Schmelze verteilte, diskret mitfließende Bestandteile erfassbar sind.
10. Vorrichtung nach dem vorgenannten Anspruch, gekennzeichnet durch ein Differenzelement, mittels dessen der am Ausgang des zweiten Filterelements vorliegende Signalverlauf von dem am Ausgang des ersten Filterelements vorliegenden Signalverlauf subtrahierbar ist.

11. Vorrichtung zum Erfassen von Schlackenbestandteilen in einer strömenden Stahlschmelze mit mindestens einer von Wechselstrom durchflossenen Sendespule zum Generieren eines die strömende Stahlschmelze zumindest teilweise durchdringenden elektromagnetischen Feldes, einem Messelement zum Messen von 5 Störungen des Feldes an einer von der Stahlschmelze durchströmten Messstelle und mit einer Auswerteeinrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung ein Filterelement aufweist, das die Störungen des elektromagnetischen Feldes oberhalb einer oberen Grenzfrequenz  $f_{G0}$  in einen ersten Kanal leitet, mit dem in der Stahlschmelze verteilte diskret mitfließende Schlackenbestandteile erfasst werden.
- 10 12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Messpfade ein Element aufweisen, in dem die erfassten Messwerte aufsummiert werden, sowie ein Amplitudenfilter mit einer Grenzamplitude aufweisen, das bei einem Summenwert, der die Grenzamplitude überschreitet, ein Signal auslöst.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das 15 Produkt aus der oberen Grenzfrequenz  $f_{G0}$  und Strömungsgeschwindigkeit  $v$  an der Messstelle zwischen  $0,1 \text{ m/s}^2$  und  $10 \text{ m/s}^2$  liegt.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Produkt aus der oberen Grenzfrequenz  $f_{G0}$  und der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  an der Messstelle zwischen  $0,001 \text{ m/s}^2$  und  $0,01 \text{ m/s}^2$  liegt.
- 20 15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass ein Messelement eine Empfangsspule ist und dass Störungen des elektromagnetischen Feldes an einer Messstelle anhand Störungen der in der Empfangsspule induzierten Spannung detektierbar sind.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die 25 Sendespule zugleich das Messelement ist.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass eine Sendespule und/oder eine Empfangsspule von der Schmelze durchströmbar ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Sende- und/oder die Empfangsspule jeweils einzeln in einem metallischen, mindestens teilweise nicht ferromagnetischen Gehäuse angeordnet sind.

5 19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Sende- und Empfangsspulen in einem gemeinsamen metallischen, mindestens teilweise nicht ferromagnetischen Gehäuse angeordnet sind.

10 20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Sendespule und die Empfangsspule axial beabstandet und durch eine metallische Wand von einander getrennt sind und entweder beide Spulen in einem gemeinsamen Gehäuse oder jede Spule in einem separaten Gehäuse angeordnet ist bzw. sind, wobei das oder die Gehäuse aus metallischem Material besteht bzw. bestehen und das metallische Material zumindest abschnittsweise nicht ferromagnetisch ist.

15 21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Sende- und Empfangsspulen in zumindest einen Abschnitt des Ausflusskanals eines metallurgischen Gefäßes integriert sind.

20 22. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 21 zur Auslösung eines Warnsignals und/oder eines Steuersignals zum Ansteuern einer Durchflussregeleinrichtung und/oder einer Einrichtung zur Modifikation der Strömung der metallischen Schmelze beim Erfassen diskreter und/oder zusammenhängender Verunreinigungen.

Fig. 1

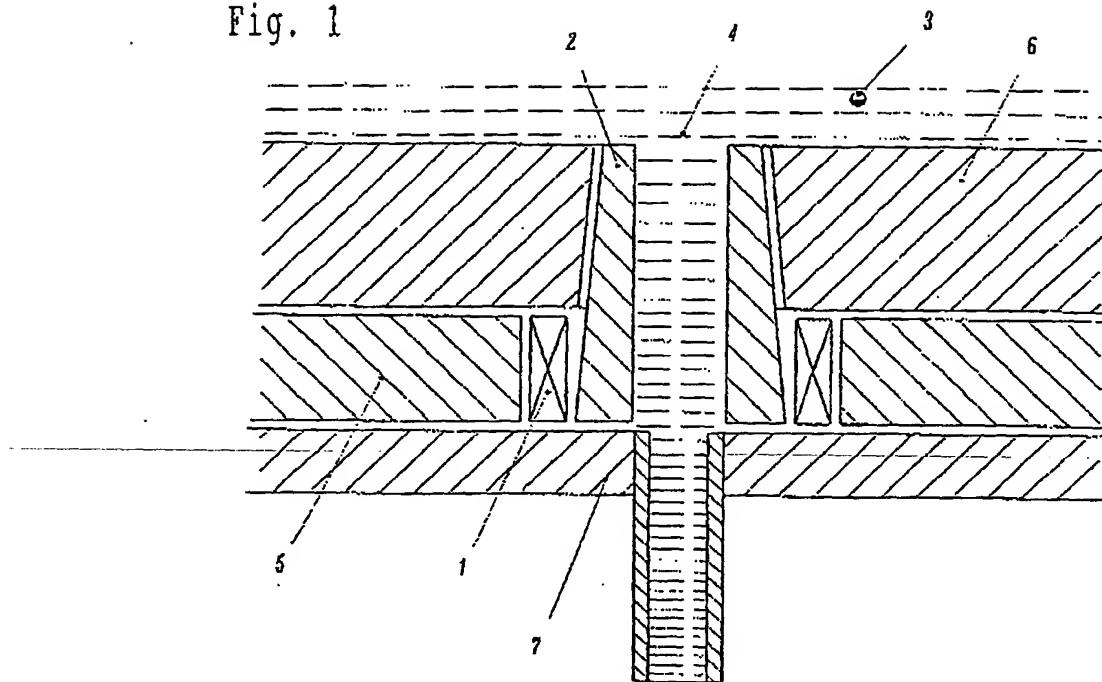


Fig. 2

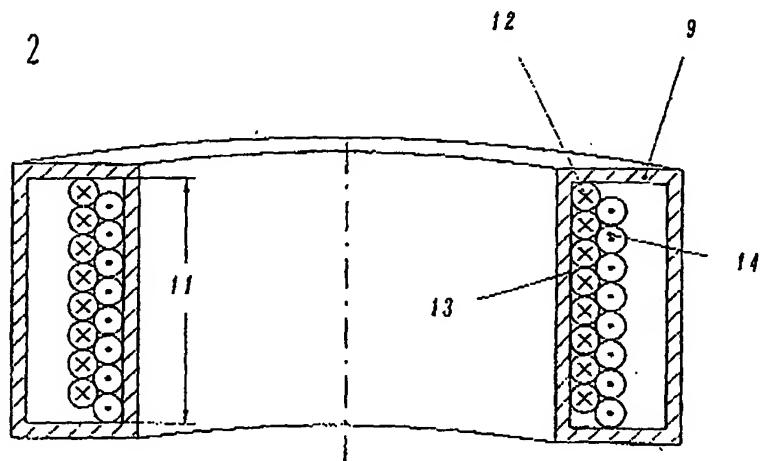


Fig. 3

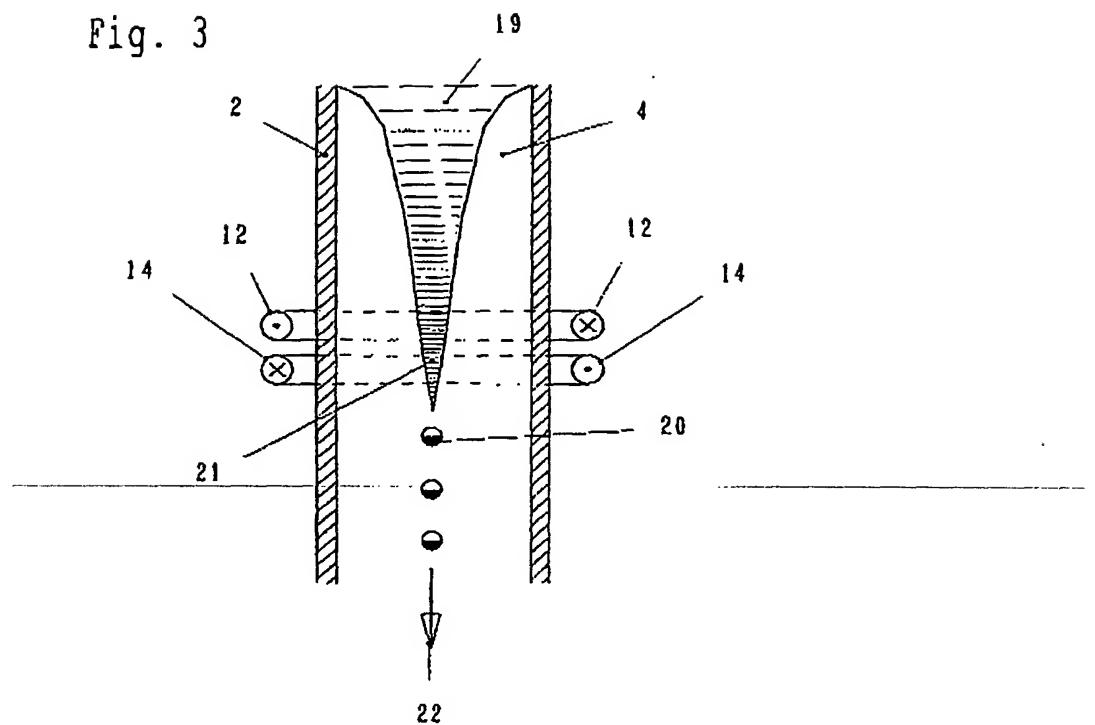


Fig. 4

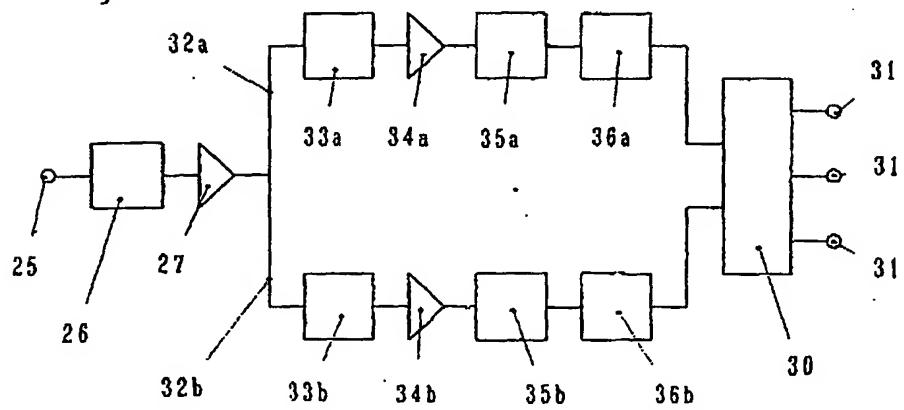


Fig. 5

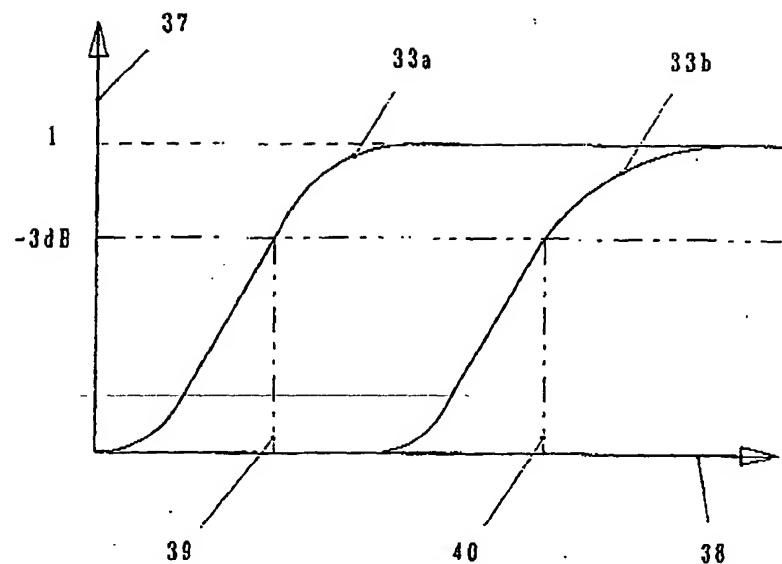
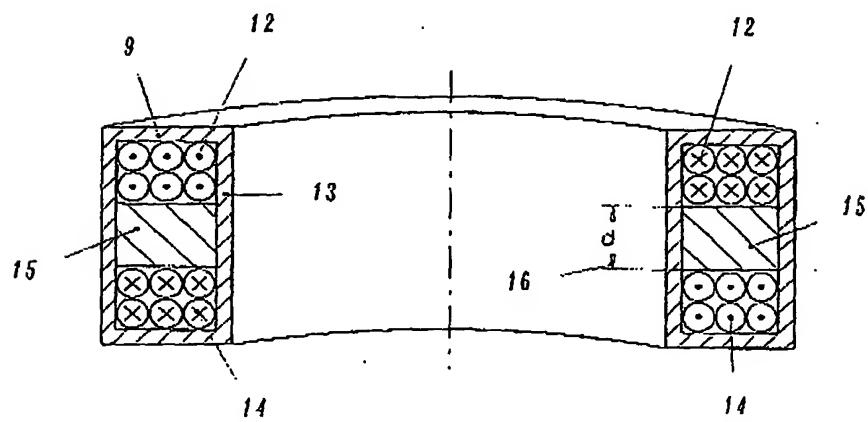


Fig. 6



### **Zusammenfassung**

Offenbart ist ein Verfahren zum Auswerten von Messsignalen eines elektromagnetischen Feldes, das in Wechselwirkung mit einem elektrisch leitenden Fluid steht, zum Detektieren von Bestandteilen in dem Fluid, die sich in der elektrischen Leitfähigkeit von dem Fluid unterscheiden, wobei die Messsignale in mindestens zwei Kanäle aufgeteilt und ausgewertet werden, um unterschiedliche Verteilungen und Konzentrationen im Fluid zu erfassen.

5 (Figur 5)

Fig. 5

